

Artículo/Article
Sección C/Section C
Vol. 14, nro. 1
ID: 2588

Tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays*. L) en el Ecuador

Mario Caviedes [1*], Francisco E. Carvajal-Larenas[1], José L. Zambrano[2]

[1] Universidad San Francisco de Quito (USFQ), Colegio de Ciencias e Ingenierías, Cumbayá, Quito, Ecuador.
[2] Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Mejía, Ecuador.
*Autor para correspondencia / corresponding autor, e-mail: mcaviedes@usfq.edu.ec

Generation of technologies for the cultivation of corn (*Zea mays*. L) in Ecuador

Resumen
La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura FAO reporta una superficie cosechada del maíz en el Ecuador de 365.334 ha con un rendimiento de 4,58 toneladas por hectárea (t ha^{-1}) y una producción de 1.479.700 toneladas (t). Estas cifras demuestran la importancia del cultivo del maíz en el país, cuya producción está orientada principalmente a la alimentación humana y animal. En el Ecuador, tienen un rol importante las investigaciones relaciones con el mejoramiento genético, la nutrición vegetal, la fitopatología y la entomología; mientras que es incipiente el uso de la biotecnología y sus aplicaciones para incrementar la productividad del cultivo. Los avances en el mejoramiento genético han sido uno de los factores más importantes para mejorar la productividad del cultivo en las dos regiones productoras más importantes del país (Costa y Sierra). El objetivo del presente artículo es describir el aporte de los resultados de la investigación y las tecnologías generadas en el país para una producción mas rentable y sostenible del maíz, y que contribuye a mejorar la seguridad alimentaria de los ecuatorianos.

Palabras clave: Agronomía, Biotecnología, Fitomejoramiento, Productividad, Rentabilidad

Abstract
The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) reports a corn harvested area in Ecuador of 365,334 ha, with a yield of 4.58 tons per hectare (t ha-1), and a production of 1,479,700 tons (t). These data demonstrate the importance of corn cultivation in the country, whose production is mainly oriented towards human consumption and animal feed. In Ecuador, research related to plant breeding, plant nutrition, plant pathology, and entomology plays an important role; while the use of biotechnology and its applications to increase crop productivity is incipient. Advances in plant breeding have been one of the most important factors to improve crop productivity in the two most important corn-producing regions of the country (Costa and Sierra). The objective of this article is to describe the contribution of science and technology generated in the country for a profitable and sustainable corn production.

Keywords: Agronomy, Biotechnology, Plant breeding, Productivity, Profitability.





Editado por / Edited by: Gabriela Albán
Recibido / Received: 04/02/2022
Aceptado / Accepted: 04/04/2022
Publicado en línea / Published online: 16/05/2022

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588





INTRODUCCIÓN

Las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) reportan en Ecuador una superficie cosechada de maíz de 365.334 hectáreas (ha), con un rendimiento promedio de 4,58 toneladas por hectárea (t ha^{-1}) y una producción de 1.479.700 toneladas (t) [1]. A pesar del incremento de rendimiento de grano en los últimos años, los productores de maíz demandan nuevas tecnologías y una mayor integración entre los diversos actores de la cadena productiva con la industria y consumidores finales.

En el Ecuador, en la región Sierra, el maíz se caracteriza por su gran diversidad de tipos, colores, texturas y formas; así como también, por un sostenido incremento en el consumo directo en grano seco y choclo. Una de las principales limitantes del cultivo en la Sierra es su bajo rendimiento, con 1,63 t ha^{-1} en grano seco. En la región Costa o Litoral, predomina el cultivo de maíz amarillo duro para la industria de alimentos balanceados y en un pequeño porcentaje el tipo blanco duro, que está orientado para consumo humano en fresco (choclo). La producción y productividad del maíz amarillo duro en la región Litoral o Costa y en la Amazonía se ha incrementado en los últimos años debido a una mayor tecnificación, lo que ha permitido reducir las importaciones de maíz y que el país cubra aproximadamente entre el 85 y 90% de sus necesidades de grano; especialmente del sector avicultor. Estos incrementos no hubieran sido posibles sin el aporte de las innovaciones realizadas en los campos del mejoramiento genético, con el desarrollo de variedades e híbridos de alto potencial de rendimiento, y en la agronomía del cultivo, incluyendo aspectos de labranza, densidad de siembra, fertilización, control integrado de insectos, plagas y enfermedades, riego y mejora en los procesos de cosecha y poscosecha.

Por otra parte, la producción de maíz suave o amiláceo que se produce en la Sierra, cuya superficie sembrada corresponde a 74.018 ha, en altitudes sobre los 2.000 m s.n.m., ha tenido un menor desarrollo tecnológico, que a pesar de haber incrementado su rendimiento en los últimos años, éste sigue siendo bajo [2, 3].

El objetivo del presente artículo es describir el aporte tecnológico y el conocimiento generado por las instituciones públicas y privadas del país, incluida la academia, que han contribuido a una producción más rentable y sostenible del maíz; aportando a la mejora de la seguridad alimentaria de los ecuatorianos

TECNOLOGÍAS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL MAÍZ

El cambio climático con sus efectos en la producción y productividad agrícola, especialmente con lo relacionado a las modificaciones de los regímenes de lluvia, la sequía, el exceso de humedad y la redistribución geográfica de insectos plaga y enfermedades, son aspectos que generan nuevos retos en la generación y desarrollo de nuevas técnicas para la producción de maíz, debido a que se requieren tecnologías que incrementen el rendimiento y adaptabilidad a múltiples ambientes y tolerancia y/o resistencia a los diversos estreses bióticos y abióticos que afectan al cultivo.

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588




Además de la genética, la agronomía es clave para incrementar el rendimiento del cultivo de maíz. En Ecuador, son frecuentes las investigaciones relacionadas con nutrición vegetal, fitopatología y entomología, mientras que el uso de la biotecnología y de sus aplicaciones para incrementar la productividad del cultivo es incipiente.

Nutrición vegetal

El nitrógeno (N) es el principal nutriente que requiere el cultivo de maíz y es uno de los más estudiados por su alta movilidad dentro del suelo [4, 5]. En los últimos años se ha investigado el requerimiento de macronutrientes (N, P, K, Mg, S) en varios híbridos de maíz amarillo duro en la Costa, utilizando curvas de absorción. Las curvas de absorción permiten determinar las épocas de mayor demanda de nutrientes de los cultivos durante su desarrollo vegetativo [6]. Carrillo y colaboradores identificaron que el cultivo de maíz incrementa la absorción de N a partir de los 30 días de siembra hasta los 100 días (floración femenina empezó a los 55 días), absorbiendo alrededor de 180 kg ha^{-1} de N durante la época lluviosa (temporal) y 140 kg ha^{-1} de N durante la época seca (sin riego, con humedad remanente del suelo) [7]. Otro estudio determinó que la dosis óptima de N para la producción de un híbrido de maíz bajo riego es de 200 kg ha^{-1} de N [8].

En Ecuador se ha estudiado también la técnica de Manejo de Nutriente por Sitio Específico (MNSE). Esta técnica permite compensar el déficit entre la cantidad de nutrientes que requiere el cultivo y la que existe en el suelo; para lo cual, se instalan parcelas que se fertilizan con todos los nutrientes (fertilización completa) y se compara el comportamiento del maíz con las parcelas en las que se omitió un nutriente (parcelas de omisión) [9]. Las recomendaciones que se generan son específicas para cada localidad y tipo de manejo. Por ejemplo, para la principal zona productora de maíz en la Sierra (provincia de Bolívar, cantones de Guaranda, Chimbo y San Miguel), se determinó que el cultivo (variedades de libre polinización) requiere de al menos 100 kg ha^{-1} de N fraccionado en tres aplicaciones, ajustando la dosis con el uso de tablas de colores o medidores de clorofila a medida que se desarrolla el cultivo [10]. El MNSE ha sido empleado además para evaluar el efecto de la omisión de nutrientes en la producción de semilla híbrida de maíz en Mocahe, provincia de Los Ríos [11].

El uso de técnicas nucleares (isótopos) ha sido utilizada para evaluar la eficiencia de la recuperación del N en la incorporación de abonos verdes y en el fraccionamiento de la aplicación de N. Utilizando urea marcada con N^{15} y abonos verdes en maíz de valles altos (Sierra), se determinó que la incorporación de chocho (*Lupinus mutabilis*) incrementa la biomasa en el cultivo de maíz, que alcanzó el mayor rendimiento con una dosis de 135 kg ha^{-1} de N, fraccionando la urea en tres aplicaciones: a la siembra, 45 días y 75 días después de la siembra [4].

Desde hace poco tiempo se evalúan técnicas de fertilización líquida en maíz para incrementar la eficiencia en el uso de N, sobre todo en zonas sometidas a estrés hídrico. La fertilización líquida (en *drench* o inyectada al suelo) se muestra como una tecnología eficiente de nutrición cuando las condiciones ambientales no proporcionan la humedad de suelo suficiente para que los fertilizantes tradicionales (granulados) se disuelvan de forma adecuada. Cedeño y colaboradores reportaron

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588





incrementos en la producción de grano de maíz de entre 13 y 43% utilizando fertilización líquida, en comparación con la aplicación de urea granulada en banda a un costado del surco [12].

En el país se desarrollan también productos biológicos que incrementan el rendimiento del cultivo o la eficiencia en el uso de los nutrientes. El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha generado un biofertilizante experimental a base de bacterias promotoras de crecimiento, capaces de aumentar en 21 y 42% la absorción de N y fósforo (P), respectivamente, en relación con el testigo sin inocular [13]. Evaluaciones de este biofertilizante mostraron un incremento en el rendimiento de grano de hasta 30%, con una reducción de alrededor del 20% en los costos de producción, debido al ahorro del 50% de la fertilización convencional recomendada para el cultivo [14]. El uso de azolla (*Azolla* spp) como biofertilizante en maíz es otra tecnología que se ha investigado en el país. El Azolla es un helecho que crece en agua y tiene la característica de asociarse con cianobacterias, especialmente con anabaena (*Anabaena azollae* Strass.), y de esta manera fijar nitrógeno de la atmósfera. Vásquez reportó que el uso de azolla y biol incrementaron significativamente el rendimiento de grano de un híbrido de maíz en 17%, en comparación al testigo [15]. Otro estudio reportó que el uso de azolla seco (deshidratado) incrementó el porcentaje de nitrógeno y materia seca en plantas de maíz cultivadas en macetas [16]. El uso de biofertilizantes y azolla en el cultivo de maíz en Ecuador es incipiente debido a la poca disponibilidad de estos productos.

Fitopatología

Existen varios documentos que describen los organismos causales, sintomatología y manejo de las enfermedades de maíz en el Ecuador [17-19]. Por ejemplo, en un estudio reciente, se reportó que las principales enfermedades que afectan el cultivo del maíz en el país son: tizón foliar (*Exserohillum turcicum*), mancha foliar (*Helminthosporium turcicum* o *Curvularia lunata*), roya común (*Puccinia sorghi*), carbón común (*Ustilago maydis*), mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*, *Monographella maydis*, *Coniothyrium phylachorae*) mancha gris de la hoja (*Cercospora zeae-maydis*), pudrición del tallo (*Dickeya zeae*, *Erwinia* spp) pudrición de la mazorca (*Fusarium* spp, *Stenocarpella maydis*, *Diploidia maydis*, *Gibberella zeae*) y cinta roja (*Spiroplasma kunkellii*); así como varios virus [20].

Las enfermedades virales necrosis letal del maíz y rayado fino del maíz, este último causado por *Maize rayado fino virus* (MRFV), son las que más daño han ocasionado en el país, aunque se presenten de manera esporádica. Un estudio realizado en 2015 en las principales provincias productoras de maíz duro (Los Ríos, Manabí y Guayas), demostró la presencia de *Sugarcane mosaic virus* (SCMV) y Maize chlorotic mottle virus (MCMV), agentes causales de la necrosis letal del maíz, en un número significativo de plantas, detectándose infecciones asociadas con síntomas graves y pérdidas de cultivos [21]. Estudios para evaluar la resistencia genética a uno de los virus causantes de la enfermedad (SCMV) han sido realizados por el INIAP. Un grupo de 32 híbridos de maíz fueron inoculados y evaluados bajo invernadero con el fin de identificar resistencia genética al patógeno. Ninguno de los híbridos evaluados fue resistente al virus, pero se identificó a PIONEER 4226 y TROPI 101como tolerantes [22].





Maize rayado fino virus (MRFV) es el agente causal de la enfermedad que afecta al cultivo de maíz en la Sierra del Ecuador. De igual manera, su presencia es esporádica, pero cuando se presenta puede reducir significativamente la producción. Varios materiales han sido reportados como resistentes a MFRV, entre ellos INIAP-180 [23], y se han reportado QTLs que confieren resistencia a esta enfermedad [24]. El uso de semilla certificada, el control del vector y la rotación del cultivo son las principales recomendaciones para prevenir las enfermedades virales [19].

Entomología

Al igual que con las enfermedades, existen varios reportes que describen a los principales insectos plagas de maíz en el Ecuador [25, 26]. El gusano cogollero (*Spodoptera* spp) es la principal plaga que afecta al cultivo de maíz en todas las regiones del país. El control químico es la alternativa de control más común [27]; sin embargo, se ha estudiado también la aplicación de productos orgánicos (*Bacillus thuringiensis*) [28]. Recientemente, se realizó una caracterización genética de *Spodoptera* colectados en el país, con el fin de identificar relaciones genéticas y migratorias con poblaciones de otros países, que permitan establecer mejores métodos de control [29].

Otra plaga importante es el barrenador del tallo (*Diatraea* spp), que en muchos casos pasa desapercibida, debido a que su daño no es tan evidente al producirse dentro del tallo. Varios híbridos de maíz han sido evaluados con el fin de identificar resistencia genética a esta plaga, pero todos han sido susceptibles; mientras que las infestaciones son mayores en el cultivo durante la época lluviosa que durante la época seca [30].

La biología de la "chicharrita" *Dalbulus maidis,* su dinámica poblacional y métodos de control han sido bastante estudiadas en el Ecuador, debido al rol que cumple este insecto en la transmisión de enfermedades virales y del fitoplasma que produce la enfermedad conocida como cinta roja [31-33]. El uso de insecticidas sistémicos en la semilla, el monitoreo y control del insecto a inicios del cultivo son la clave para controlar esta plaga [31].

Las principales plagas que afectan el cultivo de maíz en la Sierra del Ecuador son el gusano del choclo (*Heliothis zea*) y la mosca del choclo (*Euxesta eluta*), ambos se pueden controlar con aceite vegetal aplicados a los estigmas de la planta o el uso de cebos que contienen insecticida con melaza [19].

Uso de biotecnología (cultivo de tejidos, biología molecular, organismos genéticamente modificados)

En Ecuador se han realizado pocos estudios relacionados con el uso de la biología molecular y cultivo de tejidos aplicados al fitomejoramiento de maíz. El cultivo *in vitro* de anteras es una de las técnicas más utilizadas en cereales para generar líneas homocigotas o puras. En INIAP se inició una investigación piloto para evaluar la respuesta androgénica en cuatro cultivares de maíz: 1NIAP-101, INIAP-H601, AG-003 y Dekalb 5005. La respuesta androgénica fue nula o muy baja, lo que no permitió continuar con esta línea de investigación [34].

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588




El uso de biología molecular en maíz se ha utilizado principalmente para realizar caracterizaciones moleculares de variedades de maíz, con el fin de estudiar la diversidad genética de las poblaciones nativas y mejoradas [35, 36]. En el INIAP se dispone de un banco de germoplasma con accesiones de maíz caracterizadas molecularmente con marcadores tipo RAPD y SSR [37].

En el Ecuador no están permitidos los cultivos transgénicos [38]; sin embargo, la importación de maíz y componentes alimenticios con fuentes de maíz de países que usan organismos genéticamente modificados (OGM), supone la presencia de productos transgénicos en Ecuador, por lo que es necesario etiquetar a los alimentos si el producto contiene más del 0.9% de componente transgénico. Algunos científicos han monitoreado cultivos y semillas de maíz de varias provincias de Ecuador para detectar la presencia de proteínas transgénicas y todas las muestras han resultado negativas [39,40], indicando que los cultivos de maíz transgénicos no estarían presentes en Ecuador; sin embargo, Santos y colaboradores comprobaron la presencia de proteínas de OGM en varios productos alimenticios elaborados con maíz [41]. Esta situación podría cambiar, sobre todo en la Amazonía, con la introducción de semilla ilegal por la frontera norte, debido a que en Colombia se comercializa semilla de maíz transgénico.

Densidades de siembra

La densidad de siembra en el cultivo de maíz es una de las decisiones más complejas que tiene que tomar el agricultor, ya que implica calcular la cantidad de semilla a comprar. Por esta razón, se hace necesario determinar la cantidad óptima de plantas que permitan su adecuado desarrollo y garanticen un alto rendimiento.

Varios investigadores han realizado estudios sobre los efectos de la fertilización y las densidades de siembra en los dos principales tipos de maíz que se producen en el Ecuador. En la provincia de Tungurahua se evaluó el efecto de la fertilización y densidades de siembra en el maíz blanco harinoso "chazo", reportando que la fertilización con 125 kg de N, 30 kg P2O5 y 100 kg K tuvo la mayor respuesta en el rendimiento con 2,26 t ha^{-1} ; y no hubo respuesta al factor densidades de siembra [42]. Así mismo, al evaluar el comportamiento de la variedad de maíz "INIAP 122" bajo dos densidades de siembra (35.700 y 79.300 plantas ha^{-1}) y cuatro niveles de nitrógeno (N) en siembra directa, reportaron las mejores respuestas con aplicaciones de 160 kg de N (4,33 t ha^{-1} de rendimiento en grano), mientras que no se encontraron diferencias para las densidades de siembra evaluadas [43]. Por otra parte, un estudio realizado en Chaltura (provincia de Imbabura) evaluó cuatro híbridos de maíz dulce bajo dos distancias de siembra, reportando que el híbrido "Bonanza" obtuvo el mayor rendimiento de grano con 4,18 t ha^{-1}, con una distancia de siembra de 0,20 m entre plantas y 0,80 m entre surcos [44].

Varias investigaciones con maíz duro en la Costa se han orientado a determinar las densidades de siembra y los niveles de fertilización adecuados para incrementar el rendimiento del maíz. Por ejemplo, Cuenca determinó el efecto de la alta densidad de siembra en el comportamiento de cuatro híbridos de maíz; sus resultados determinaron que la mejor densidad fue la de 1,50 x 0,15 m con el híbrido "Das 3383" que rindió 14,78 t ha^{-1}[45]. En otro estudio, se determinó el efecto de la humedad del suelo con cuatro densidades de planta y dos híbridos de maíz duro en la época seca; la mejor respuesta para

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588




rendimiento de grano se obtuvo con el híbrido "Tropi-101", con 3,93 t ha^{-1} con la densidad de 83.333 plantas ha^{-1} [46]. En un estudio realizados por Chila y colaboradores para cuantificar la eficiencia de N en la producción de maíz sembrado en laderas, se determinó que la productividad del cultivo disminuyó al incrementarse la pendiente. Los tratamientos con pendiente cero rindieron 24% más que la media de la de los terrenos inclinados [47].

Otra línea de investigación importante ha sido la cuantificación de la producción de forraje en híbridos de maíz duro. Borbor evaluó cuatro híbridos de maíz duro y reportó que las mejores respuestas en materia verde se obtuvieron con el híbrido "DK 7508" con 47,35 t ha^{-1} y un contenido de proteína cruda de 8,73% [48]. En otro estudio se evaluó la interacción época y densidad de siembra en ocho híbridos de maíz para la producción de forraje, y se reportó un rendimiento en materia verde y seca de 58,6 t ha^{-1} y 21,4 t ha^{-1}, respectivamente y contenidos de proteína cruda de 10,6% [49].

Riego

Una de las principales causas del bajo rendimiento en el cultivo de maíz en el Ecuador se debe a la falta de agua. La mayor cantidad de superficie cultivada se realiza durante la época lluviosa (a temporal), que no siempre provee de la humedad necesaria para un óptimo desarrollo de las plantas. Se estima que apenas el 10% de la superficie sembrada de maíz en el Ecuador tiene acceso a riego [50]. Quienes disponen de agua para riego, por lo general, hacen un manejo inadecuado de la cantidad y frecuencias de las láminas de agua [19].

En el Centro Experimental del Riego, ubicado en Tunshi (suelo franco arenoso), Riobamba, se evaluaron los tres métodos de riego más comunes: gravedad, aspersión y goteo. Los resultados determinaron que la lámina total de agua (L m^{-2}) necesaria para todo el ciclo de cultivo de maíz en Tunshi (ciclo del cultivo de nueve meses) fueron: 1.015 L m^{-2} para gravedad, con una eficiencia de aplicación de 46%; 533 L m^{-2} para aspersión, con una eficiencia de 84%; y 327 L m^{-2} para goteo, con una eficiencia de 93% [51]; demostrando que el riego por goteo es el más eficiente para producir maíz y produce un mayor ahorro de agua y una menor huella ecológica. En el valle del río Portoviejo, León-Aguilar y colaboradores reportaron rendimientos con riego por goteo de hasta 18 t ha^{-1} de grano, utilizando densidades de 133 mil plantas ha^{-1} [52].

El uso de modelos y programas de computación para programar el riego por goteo es comúnmente utilizado para estimar valores de evapotranspiración, requerimientos hídricos, láminas de riego, tiempo de aplicación, entre otros. Utilizando CROPWAT, se estimó que el requerimiento hídrico para un híbrido de maíz cultivado en el valle del río Portoviejo (suelo franco arcilloso, ciclo de cuatro meses) es de 367,8 mm, garantizando una zona de humedad adecuada para el desarrollo del sistema radical de las plantas [53]. AQUACROP está siendo utilizado para estimar la eficiencia en el uso de agua y la fertilización en variedades de maíz en la Sierra del Ecuador [54].

Con el objetivo de aumentar aún más la eficiencia de uso de agua en el riego por goteo, en la Universidad Técnica de Machala, provincia de El Oro, se evaluó el efecto de la profundidad del gotero sobre la eficiencia en el uso del agua y el rendimiento de un híbrido de maíz, determinando que a 20 y 30 cm de profundidad se presentó el menor




volumen total de agua aplicado, el menor tiempo total de riego, la menor frecuencia de riego, el mayor diámetro y superficie de bulbo húmedo, el mayor rendimiento y eficiencia en el uso del agua [55].

La combinación del riego por goteo y fertilizantes da lugar a la fertirrigación. La fertirrigación es el proceso de aplicar los fertilizantes disueltos en agua directamente a la zona radicular de las plantas, con un ahorro de fertilizantes y mayores rendimientos. El riego por goteo continuo y automatizado, con el 50% de la dosis de fertilizantes recomendada, permitió incrementar en 116% el rendimiento de una variedad de maíz suave (harinoso) de libre polinización [56]. Esto demuestra que es posible alcanzar incrementos de rendimiento y reducir la cantidad de fertilizante que requiere el cultivo de maíz si se utilizan las tecnologías apropiadas.

Otros investigadores estudiaron parámetros hídricos y la calidad del maíz bajo un sistema de riego por goteo en el valle de Jauja- Jipijapa, provincia de Manabí [57]. En este estudio se utilizó el híbrido "INIAP H-601" para determinar: la frecuencia de riego, tiempo de riego, lámina de riego y dosis de N. Los mejores resultados (rendimiento de grano de 7,05 t ha^{-1}) se alcanzaron con una lámina de riego de 15 mm, 150 kg ha^{-1} de N y una frecuencia diaria de una hora. En otro estudio realizado en Malacatos, provincia de Loja, se determinó que el requerimiento total de agua en el ciclo del cultivo de maíz morado fue 363 mm, con una necesidad hídrica de 526,24 litros de agua para obtener un kilogramo de maíz morado y un rendimiento estimado de 6,77 t ha^{-1} [58].

Por otra parte, Vásconez y colaboradores evaluaron las necesidades hídricas en tres híbridos de maíz duro bajo el efecto de tres distanciamientos entre hileras, determinando que la evapotranspiración de los híbridos de maíz "INIAP H-551", "NB-7443" y "DAS-668" fue similar entre ellos e independiente al distanciamiento entre hilera, aunque se notó un mayor valor a medida que el distanciamiento se incrementó (80, 90 y 100 cm). El híbrido "DAS 668" tuvo la mayor respuesta en rendimiento con 10,72 t ha^{-1} con una necesidad hídrica total de 336,1 mm [59].

MEJORAMIENTO GENÉTICO DE VARIEDADES E HÍBRIDOS PARA LAS REGIONES SIERRA Y LITORAL

Mejoramiento genético de variedades de libre polinización en la Sierra ecuatoriana

El mejoramiento genético de variedades de maíz de libre polinización para la Sierra inició en el país en el año de 1962 en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP. Desde su inicio, el mejoramiento estuvo enfocado en aumentar el rendimiento y la uniformidad de los maíces, utilizando germoplasma local e introducido. De esta manera, las primeras variedades de maíz se reportaron a partir de 1972, con el desarrollo de las variedades Santa Catalina, Amaguaña y Chillos, proceso que tomó alrededor de 10 años hasta liberar la variedad (Tabla 1).

Posteriormente, el CIMMYT estableció en el INIAP un programa de mejoramiento genético de maíz para la zona Andina, donde se generaron poblaciones de amplia base

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588





genética ("Pooles Andinos") agrupados según sus características de color y tipo de grano [60]. Estas poblaciones fueron desarrolladas con germoplasma procedente de la región andina y variedades mejoradas en otros países de Latinoamérica. De esta manera, se generaron las variedades INIAP-180 [61] e INIAP-101 [62], variedades que siguen vigentes debido a su gran base genética que le han permitido adaptarse a varios ambientes de la Sierra, y a la precocidad de INIAP-101, que lo diferencia de otras variedades locales [63].

En la década de los noventa se priorizó el mejoramiento de los maíces criollos, considerando la preferencia de los agricultores por sus variedades locales, debido a la textura, tamaño y color del grano, lográndose liberar cinco variedades de libre polinización: INIAP-122, INIAP-111, INIAP-124, INIAP-102 e INIAP-199; la mayoría de ellas se siguen cultivando en la Sierra del país (Tabla 1). La principal limitante de estas variedades es su adaptación específica a ciertos ambientes, lo que reduce el área de adopción e impacto.

Otra limitante en el uso de las variedades de libre polinización es la falta de semilla certificada, ya que el agricultor prefiere reutilizar su propio grano producido o utilizar grano comercial como semilla, haciendo inútiles los esfuerzos de entidades públicas y privadas por comercializar semilla. La poca adopción de semilla certificada de maíz en la Sierra es una de las causas del bajo rendimiento observado en la región. Iniciativas para desarrollar líneas endogámicas y generar híbridos de maíz harinoso no han sido satisfactorios debido a la alta susceptibilidad a la endogamia de este tipo de maíz (depresión endogámica) [64, 65].

El uso de la biotecnología en los procesos de mejoramiento genético en la Sierra ha sido muy escaso. Los métodos de mejoramiento genético utilizados por el Programa de Maíz han sido convencionales, por lo que es necesario innovar. Por ejemplo, el uso de dobles haploides para formar líneas endogámicas abre un campo de acción muy factible de aplicar en los maíces criollos de mayor demanda en la Sierra, ya que permitiría generar híbridos de alto rendimiento y crear el escenario propicio para el desarrollo de la industria de semilla de maíz en la región.

TABLA 1. Variedades de maíz de libre polinización generadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para la Sierra del Ecuador.

Año Liberación	Nombre	Color y tipo de grano	Rendimiento de grano (t ha^{-1})	Rango de adaptación (m s.n.m.) / Provincia	Referencia
<1972	"Santa Catalina"[x]	Amarillo, harinoso	3,6	2600-3000/ Pichincha	[66]
<1972	"Amaguaña"[x]	Blanco, cristalino	3,2	2400-2800/ Pichincha	[67]
<1972	"Chillos Mejorado"[y]	Amarillo, harinoso	3,6	2400-2700/Pichincha	[68]
< 972	INIAP-176[x]	Amarillo, cristalino	4,1	2200-2600/Todas Sierra	[69]
<1981	INIAP-126[y]	Amarillo, harinoso	4,3	2200-2800/ Pichincha, Imbabura, Carchi	[70]

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588





Año Liberación	Nombre	Color y tipo de grano	Rendimiento de grano (t ha^{-1})	Rango de adaptación (m s.n.m.) / Provincia	Referencia
< 1981	INIAP-153 "Zhima"[y]	Blanco, harinoso	4,0	2200-2600/Cañar, Azuay	[70]
1980	INIAP-101[x]	Blanco, harinoso	4,0	2200-2800/Todas	[71]
1986	INIAP-130[x]	Amarillo, harinoso	3,0	2500-2800/Pichincha, Imbabura, Carchi	[72, 73]
1986	INIAP-180[x]	Amarillo, cristalino	5,5	2250-3000/Todas Sierra	[74]
1989	INIAP-131[x]	Amarillo, harinoso	4,5	2400-2900/Todas Sierra	[75]
1989	INIAP-198 "Canguil Mejorado"[y]	Amarillo, reventón	3,3	2400-2900/Imbabura, Pichincha, Cotopaxi	[76]
1990	INIAP-192 "Chulpi Mejorado"[y]	Amarillo, dulce	3,5	2400-2800/Todas Sierra	[77]
1995	INIAP-160[x]	Blanco, semi-dentado	4,6	2500-3100/Imbabura, Pichincha, Chimborazo	[78]
1997	INIAP-111 "Guagal Mejorado"[z]	Blanco, harinoso	4,1	2400-2800/Bolívar	[79]
1998	INIAP-122 "Chaucho Mejorado"[z]	Amarillo, harinoso	4,5	2200-2800/Imbabura	[80]
2000	INIAP-102 "Blanco Blandito Mejorado"[z]	Blanco, harinoso	4,1	2200-2800/ Chimborazo	[81]
2002	INIAP-124 "Mishca Mejorado"[z]	Amarillo, harinoso	3,9	2200-2900/ Cotopaxi, Pichincha	[82]
2013	INIAP-103 "Mishqui Sara"[x]	Blanco, harinoso,	4,5	1700-2650/Azuay, Loja	[83]
2017	INIAP-199 "Racimo de Uva"[z]	Negro, harinoso	3,0	2400-3000/ Chimborazo, Pichincha, Imbabura, Cotopaxi.	[84]

[x] Mejoramiento por cruzamiento con poblaciones mejoradas e introducciones; [y] Mejoramiento por selección masal; [z] Mejoramiento por medios hermanos. Fuente: Adaptado de Zambrano et al. [85].

Mejoramiento genético de híbridos de maíz en el Litoral o Costa

Los altos rendimientos generados por la heterosis en la generación de los maíces híbridos ha sido una de las más importantes innovaciones en el ámbito del mejoramiento genético de plantas. Las distintas combinaciones híbridas pueden ser adaptadas para diversos ambientes tropicales en los que se cultiva maíz.

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588





En la región Litoral o Costa se comercializan varios híbridos de maíz de grano amarillo duro introducidos por las transnacionales. En la Tabla 2 se presenta el rendimiento de varios de estos híbridos durante el invierno (época lluviosa) del 2020 [86]. Se observa que los mejores rendimientos promedio en las seis provincias se obtuvieron con los híbridos "Emblema 777", "Dekalb 7088" y "Triunfo" con 4,57, 4,38, y 4,33 t ha^{-1}, respectivamente.

TABLA 2. Rendimientos de híbridos de maíz amarillo duro comercializados por las empresas privadas en seis provincias de la Costa del Ecuador. Época lluviosa, 2020.

Provincia	Híbrido	Rendimiento (t ha^{-1})
El Oro	Dekalb 7088	4,55
	Triunfo	5,21
	Trueno	4,08
Guayas	Emblema 777	4,44
	Advanta 9313	4,01
	Dekalb 7088	3,80
Loja	Dekalb 7088	4,80
	Triunfo	4,93
Los Ríos	Emblema 777	4,78
	Advanta 9313	4,64
	Somma	3,95
Manabí	Emblema 777	4,50
	Advanta 9313	3,75
	Triunfo	2,86
	Trueno	3,86
Santa Elena	Advanta 9313	3,99
	Trueno	3,64
	Das3383	2,99
Promedio		4,29

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería [86].

La Tabla 3 muestra los híbridos desarrollados por el INIAP en el periodo 1990-2021. La mayoría de estos híbridos son simples, liberados al comercio entre los años 2004 y 2021, y los híbridos triples en el periodo 1990-2003. La mayoría de los híbridos tienen uno o dos progenitores provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), lo que demuestra la importancia e impacto de esta institución en el país.

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588




TABLA 3. Híbridos de maíz de grano duro generados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para la región Litoral o Costa de Ecuador.

Año de liberación	Nombre	Origen	Rendimiento^ (t ha^{-1})	Rango de adaptación (m s.n.m.) / Provincia	Referencia
1985	INIAP H-550[1]	INIAP 515 x (S. Andrés 7528 Fam 5 x Fam 23) (CIMMYT)	4,94	60-500/Los Ríos y Guayas	[87]
1990	INIAP H-551[1]	(S4 B523 x S4 B521) x S4 B520	5,07	60-500/Los Ríos y Guayas	[88]
2003	INIAP H-552[1]	(S4 Fam 5 x S4 B530) x S4 B520	5,92	60-500/Los Ríos y Guayas	[89]
2004	INIAP H-601[2]	S4 LP3a x CML-287 (CIMMYT)	5,47	44-300/ Manabí	[90]
2009	INIAP H-602[2]	S4 Pob.4 x CML-287 (CIMMYT)	8,44	44-300/ Manabí, Los Ríos y Guayas	[91]
2010	INIAP H-553[2]	L49 Pichilingue 7928 x L237 Pob. A1	7,61	60-500/Los Ríos y Guayas	[92]
2012	INIAP H-824[2]	NPH28-1-G25*NPH2 x Pob24 STEC IHC16 (CIMMYT)	8,30	300-760/Loja	[93]
2016	INIAP H-248[2*]	PM03B-23-19 x PM03B-023-20 (CIMMYT)	8,03	40–1500/Loja, Santa Elena, Guayas y Los Ríos	[94]
2016	INIAP H-603[2]	Pob.3 F4 x CML 451 (CIMMYT)	7,64	44-300/ Manabí y Los Ríos	[95]
2021	INIAP H-554[2]	L-21-3-1-1-COM-2 x CML-172 (CIMMYT)	8,10	18-760/Los Ríos, Guayas, Manabí, Santa Elena y Loja	[96]

^Época lluviosa (a temporal); 1Híbrido triple; 2Híbrido simple; *Grano color blanco semidentado.

Incremento de la productividad del maíz en el Litoral o Costa

Según la FAO [1], la productividad promedio del maíz en Ecuador hasta 2010 era inferior a las 2,5 t ha^{-1} (Fig. 1). Posteriormente, se aprecia una tendencia creciente (exponencial) [97], que logró duplicar ese valor en pocos años, motivado por el uso de las tecnologías antes indicadas y de los programas de subvención de paquetes tecnológicos del gobierno [98].

Recientemente, Zambrano y Andrade realizaron proyecciones, bajo diversos escenarios, del rendimiento de grano de maíz amarillo duro en el país para los próximos cinco años. Un escenario pesimista indicó que se esperaría un rendimiento promedio de 5,29 t ha^{-1}; pero en un escenario optimista se alcanzaría un promedio de 7,01 t ha^{-1} [99].

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588



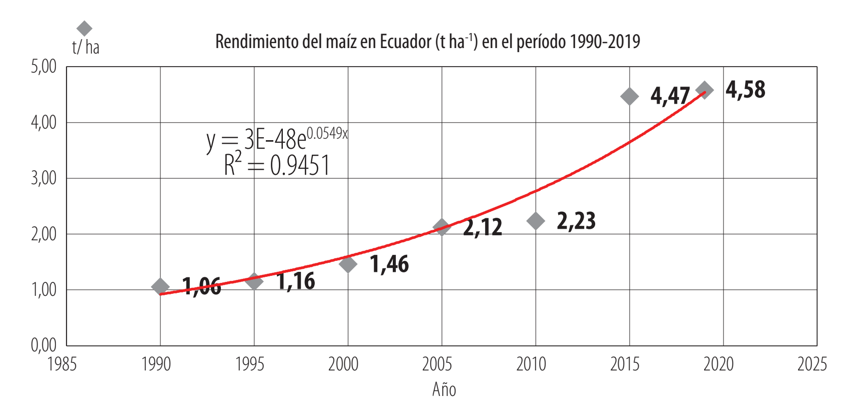


FIGURA 1. Evolución del rendimiento promedio de maíz en Ecuador en el período 1990-2019.
Fuente: FAOSTAT [37].

Evaluación de la rentabilidad de los híbridos de maíz amarillo duro en el Litoral o Costa

Existen numerosos estudios que evaluaron el rendimiento de los híbridos de maíz en varias localidades del país (Tabla 4). Molina encontró en su estudio que el híbrido que generó el mayor rendimiento y la más alta rentabilidad fue Dekalb DK-7088 con 7,69 t ha^{-1} [100]. En otro estudio, se reportó que el híbrido Pioneer F30K73 logró un rendimiento de 7,15 t ha^{-1}, muy superior a los híbridos INIAP H551 (5,25 t ha^{-1}), Trueno NB7443 (4,65 t ha^{-1}) y Gladiador DOW-2B688 (4,5 t ha^{-1}) [101]. Por otro lado, el mismo Pioneer F30K73 en Balzar, provincia del Guayas, solo alcanzó un rendimiento de 6,11 t ha^{-1} [102]; es decir, que el híbrido que alcanza altos rendimientos en un lugar puede tener bajos rendimientos en otro y viceversa, mostrando una respuesta a la interacción genotipo-ambiente y manejo agronómico.

En otro estudio [103], realizado en el cantón Mocache, provincia de los Ríos, Pioneer P4039 obtuvo el mejor rendimiento (8,14 t ha^{-1}) entre cuatro híbridos evaluados; y, por su parte, [104] encontró que, en la misma provincia, pero esta vez en San Carlos, el mejor rendimiento lo obtuvo el híbrido Dekalb 5005 con 10,72 t ha^{-1}. De igual manera, [105] estudió el desempeño de cuatro híbridos en el cantón Pueblo Viejo, Provincia de Los Ríos y encontró esta vez que Pioneer 30F35 logró un rendimiento de 9,42 t ha^{-1}, superando a sus contrapartes que obtuvieron rendimientos menores (entre 5,74 y 7,82 t ha^{-1}) (Tabla 4).

Debido a este fenómeno, sería necesario evaluar el rendimiento de todos los híbridos en las principales zonas productoras (*local-community performance trials*), lo que permitiría a los agricultores conocer cuáles son aquellos híbridos que se comportan mejor en su localidad. Este estudio podría realizarse por fases. Por ejemplo, en la fase I se evaluarían híbridos en varias localidades por separado y se visualizarían los de mejor rendimiento. En la Fase II, se probarían los mejores en cada localidad para, o verificar al mejor de la fase I, o encontrar un nuevo híbrido con mayor productividad; y en la fase III, se realizaría un estudio con diversos manejos agronómicos y el mejor o mejores híbridos de la fase II. Esto permitiría incrementar aún más el rendimiento de cada localidad con un mayor beneficio para los agricultores.

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588





TABLA 4. Relación entre genotipo, localidad, condiciones climáticas y agronómicas con el rendimiento del cultivo de maíz e indicadores económicos.

Genotipo (Híbrido)	Rendimiento (t ha^{-1})	Provincia/ Localidad	Altitud/ciclo de cultivo/ clima/densidad de siembra	Indicadores económicos (USD)	Referencia
Pioneer F30K73	7,15	Sto. Domingo de los Tsáchilas/ Luz de América	224 m s.n.m./ Noviembre-Febrero/ Pr: 2700mm, HR: 80-90%, T: 24,5 ºC / 62.000 plantas ha^{-1}	n.d.	[101]
INIAP H-551	5,25				
Trueno (NB7443)	4,65				
Gladiador (DOW-2B688)	4,50				
				Beneficio/costo	
INIAP H-601	5,48	Loja/ Pindal	780 m s.n.m./ Enero-Mayo/ Pr: 1035mm, HR:80%, T: 23,1 ºC / 50.000 plantas ha^{-1}	1,67	[100]
INIAP H-553	5,17			1,59	
AGRI-104.	4,89			1,37	
Dekalb 7088	7,69			1,95	
Advanta 9139	7,52	Los Ríos/ Mocache	74 m s.n.m./ Enero-Mayo/ Pr: 2252mm, HR: 84%, T 24,8 ºC/ 62.500 plantas ha^{-1}	n.d.	[103]
Pioneer P4039	8,14				
Emblema 777	7,47				
Advanta 9735	7,20				
				Beneficio ha^{-1}	
INIAP H-552	4,85	Los Ríos/ San Carlos	81 m s.n.m./ Enero-Mayo/ Pr: 2100mm, HR: 85%, T: 24,5 ºC/ 78.125 plantas ha^{-1}	277,20	[104]
Vencedor (H8330)	8,19			705,90	
Dekalb 5005	10,72			989,20	
				Beneficio/costo	
INIAP H-551	5,74	Los Ríos/ Pueblo Viejo	100 m s.n.m./ Enero-Mayo/ HR: 44%, T: 27 ºC/ 62.500 plantas ha^{-1}	1,41	[105]
Pionner 30F35	9,42			1,94	
Agri 201	7,82			1,70	
Trueno (NB7443)	6,63			1,55	

n.d.: no disponible; Pr: precipitación anual, HR: humedad relativa, T: temperatura promedio.

Existe una relación directamente proporcional entre el rendimiento agronómico y la rentabilidad financiera (Tabla 4). Sin embargo, en el caso del estudio de Molina [100] se encontró un mejor ajuste con una relación del tipo logarítmico (rentabilidad = 1.1939 en (rendimiento (t ha^{-1})) -0.3856, r^2= 0.83) y en el caso del estudio de Sandal-Paucar [105], con una relación lineal (rentabilidad = 0.1423 en (rendimiento (t ha^{-1})) +0.60, r^2= 0.999). En ambos casos, el punto de equilibrio (rendimiento = 1) se alcanzaría con un rendimiento de 3,0 t ha^{-1}. Es decir, que cultivos de maíz con rendimientos de 3,0 t ha^{-1} o menos no serían rentables.

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588





CONCLUSIONES

En el Ecuador se han desarrollado tecnologías que han permitido un incremento sostenido de la producción de maíz en los últimos años. Este incremento es más evidente en la Costa o Litoral del país, donde el desarrollo tecnológico es acelerado por el impulso de las transnacionales y empresas privadas. En la Sierra, en cambio, el desarrollo es más lento y existen brechas productivas enormes en temas de mejoramiento genético y agronómico que deben ser considerados en los procesos de I+D+i. El caso más evidente es la falta de semilla híbrida de alto rendimiento que permita aumentar la producción de los maíces amiláceos.

La investigación generada por el INIAP y las universidades, con el apoyo del CIMMYT, ha sido fundamental para el desarrollo del cultivo en el Ecuador. Los híbridos generados por el INIAP y los introducidos por las empresas privadas han permitido incrementos importantes en la producción y productividad del maíz, lo que ha reducido drásticamente las importaciones de grano, logrando estar muy cerca de la autosuficiencia de este importante cereal.

Además de la genética, el rendimiento de un híbrido de maíz depende de la adaptabilidad de la planta, que puede ser muy específico para una determinada zona, y del manejo agronómico que se le brinde a la semilla. Algunos factores que podrían considerarse para elevar el rendimiento del cultivo de maíz en el Ecuador son: i) la aplicación de la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable (Registro Oficial 10 Año 2017), (ii) aumentar el uso de semillas certificadas, iii) asociatividad de los productores, iv) invertir al menos el 1% del Producto Interno Bruto Agropecuario (PIBA) en investigación para la agricultura, y v) mejorar la transferencia y difusión de tecnologías.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad San Francisco de Quito por la gestión para la elaboración y publicación de este artículo. De igual manera, a la Red Latinoamericana del Maíz y al Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Mario Caviedes contribuyó con la idea, realizó la tabulación de información, críticamente analizó los datos y escribió el artículo. Francisco Carvajal contribuyó con la idea, realizó la tabulación de información, críticamente analizó los datos y escribió el artículo. José Luis Zambrano contribuyó con la idea, realizó la tabulación de información, críticamente analizó los datos y escribió el artículo.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588



REFERENCIAS

[1] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2021) Datos estadísticos FAOSTAT. Recuperado el 9 de diciembre de 2021 de: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

[2] Sistema de Información Pública Agropecuaria SIPA. (2021). Cifras Agroproductivas. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Quito, Ecuador. Datos disponible del año 2019. Recuperado el 5 de Junio de 2021 de: http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas

[3] Zambrano, J. L., Yánez, C., Sangoquiza, C., López, V., Asaquibay, C., Nieto, M., Villacrés, E., Quelal, M., Velásquez, J., Chalampuente, D., Lima, J. (2021). Mejoramiento genético de maíz (*Zea mays* L.) Chulpi y Canguil en la Sierra del Ecuador. *Archivos Académicos* 38, 49-50.

[4] Cartagena, Y., Parra, R., Alvarado, S., Valverde, F., Zambrano, J.L. (2020). Eficiencia del uso de abonos verdes y urea en el cultivo de maíz. *ACI Avances en Ciencias E Ingenierías* 12(22), 80-93.

[5] Zambrano, J.L., Cartagena, Y., Carrillo, M., Sangoquiza, C., Durango, W., Parra, R., Campaña, D. (2021). Deficiencias nutricionales en maíz. INIAP, KOPIA, Boletín informativo.

[6] Sancho, H. (1999). Curvas de absorción de nutrientes: importancia y uso en los programas de fertilización. *Informaciones Agronómicas*, 36, 11-13.

[7] Carrillo, M. D., Durango Cabanilla, W. D., Morales Intriago, F. L., Rivadeneira Moreira, B. J., & Cargua Chavez, J. E. (2019). Variación en la absorción de macronutrientes en híbridos de maíz duro. *ACI Avances En Ciencias E Ingenierías*, 11(1), 20-31. https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1077

[8] Motato, N.E., Pincay, J.D., Avellán, M., Falcones, M.K., y Aveiga, E.Ch. (2016). Fertilización del híbrido experimental de maíz INIAP H-603, con base en la eficiencia agronómica del nitrógeno. *ESPAMCIENCIA*, 7(2), 109-116.

[9] Witt, C., Pasuquin, J.M., Dobermann, A. (2006). Towards a Site-Specific Nutrient Management Approach for Maize in Asia. Better Crops, 90(2), 28-31.

[10] Alvarado Ochoa, S. P., Jaramillo, R., Valverde, F., y Parra, R. (2011). Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar. INIAP, Boletín Técnico No. 150. Quito, Ecuador.

[11] Hasang, E. S., Carrillo, M. D., Durango, W. D., & Morales, F. L. (2018). Omisión de nutrientes: eficiencias de absorción, rendimiento y calidad de semilla en la formación de un híbrido de maíz. *Journal of Science and Research, 3*(11), 33-45. doi: https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3iss11.2018pp33-45p

[12] Cedeño, G., Avellán, B., Velásquez, S., Limongi, R. (2021). Fertilización líquida localizada como estrategia de nutrición en maíz de secano. *Archivos Académicos* 38, 44-45

[13] Sangoquiza, C.A., Yánez, C.F., Borges, M. (2019). Respuesta de la absorción de nitrógeno y fósforo de una variedad de maíz al inocular *Azospirillum* sp y *Pseudomonas fluorescens*. *ACI Avances En Ciencias E Ingenierías*, 11(17), 8-19.

[14] Zambrano-Mendoza, J.L., Sangoquiza-Caiza, C.A., Campaña-Cruz, D. F., and Carlos F. Yánez-Guzmán (2021). Use of Biofertilizers in Agricultural Production. In: Technology in Agriculture, IntechOpen, Chap. 10, 193-210. DOI: https://doi.org/10.5772/intechopen.98264

[15] Vásquez, A. (2021). Respuesta a la aplicación de dos bioabonos en el cultivo de maiz (*Zea mays* L.), el Morro-Guayas (Tesis de Ingeniería). Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.

[16] Aldás-Jarrín, J. C., Zurita-Vásquez, J. H., Cruz-Tobar, S. E., Villacís-Aldaz, L. A., Pomboza-Tamaquiza, P. P., León-Gordón, O. A. (2016). Efecto biofertilizante de azolla - anabaena en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *J Selva Andina Biosph*., 4(2):109-115.

[17] Villavicencio, J. P. y Zambrano, J. L. (2014). Guía para la producción de maíz amarillo duro, en la zona central del Litoral Ecuatoriano. Quevedo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa de Maíz. (Boletín Divulgativo no. 353).

[18] Suárez, C., Arguello, V., Delgado, A., Pico, J. (2021). Reconocimiento de las principales afectaciones fitopatológicas del cultivo de maíz en la provincia de Orellana. *Archivos Académicos* (38), 26.





[19] Zambrano, J.L., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Sangoquiza, C., Cartagena, Y., Villacrés, E., Garcés, S., Ortíz, R., León, J., Campaña, D., López, V., Asaquibay, C., Nieto, M., Sanmartín G., Pintado, P., Yánez, C., Racines, M. (2021). Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana. INIAP, Manual No. 122. Quito, Ecuador.

[20] Estrada-Martínez, M. E. (2021). Principales enfermedades del maíz (*Zea mays*, L.) en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), 53-59.

[21] Quito-Avila, D.F., Alvarez, R.A. and Mendoza, A. 2016. Occurrence of maize lethal necrosis in Ecuador: a disease without boundaries? *Eur. J. Plant Pathology*, 146: 705-710.

[22] Zambrano, J. L., Paz, L. C., & Redinbaugh, M. G. (2019). Evaluación de la resistencia genética de híbridos de maíz al virus del mosaico de la caña de azúcar (SCMV). *ACI Avances En Ciencias E Ingenierías*, 11(1), 64-71. doi: https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1092

[23] Zambrano, J.L., Francis, D.M., & Redinbaugh, M.G. (2013). Identification of resistance to *Maize rayado fino virus* in maize inbred lines. *Plant Disease*, 97 11, 1418-1423.

[24] Zambrano, J.L., Jones, M.W., Francis, D.M., Tomas, A., & Redinbaugh, M.G. (2014). Quantitative trait loci for resistance to *Maize rayado fino virus. Molecular Breeding*, 34, 989-996.

[25] Cañarte, E., Navarrete, J.B., Solórzano, R. (2016). Reconozca y controle a los principales insectos-plaga del maíz. Portoviejo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Departamento de Entomología. Cartilla informativa, recuperado de: https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4908

[26] Zambrano, J., Sangoquiza, C., Yánez, C., Navarrete, B., Cañarte, E., & Cho, J. (2020). Insectos plagas del cultivo de maíz. Recuperado el 4 de noviembre de 2021 de: https://bit.ly/3cvlAaj

[27] España, P., Bustillos, M., Barona, D., López, E. (2021). Evaluación de tiametoxam + clorantraniliprole para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz. *Archivos Académicos* (38), 32.

[28] Drouet-Candell, A. (2018). Efecto de la aplicación de *Bacillus thuringiensis* en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) del híbrido de maíz (*Zea mays*) INIAP H-551 en la comuna Río Verde provincia de Santa Elena. *Revista Científica Y Tecnológica UPSE*, 5(1), 47-56. doi: https://doi.org/10.26423/rctu.v5i1.312

[29] Nagoshi, R.N., Nagoshi; B.Y., Cañarte, E., Navarrete, B., Solórzano, R., Garcés-Carrera, S. (2019) Genetic characterization of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Ecuador and comparisons with regional populations identify likely migratory relationships. *Plos One* 14(9): e0222332. doi: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222332

[30] Solórzano, R., Cañarte Bermúdez, E., y Navarrete Cedeño, J.B. (2017). Respuesta de varios híbridos de maíz a la incidencia del barrenador del tallo *Diatraea* spp (Lepidoptera: Pyralidae). Recuperado el 4 de noviembre de 2021 de: https://bit.ly/3CDcfJg

[31] Valarezo, O., Cañarte, E., Navarrete, J.B., Intriago, M. (2009). La Chicharrita (*Dalbulus maidis*) y su manejo en el cultivo de maíz. Portoviejo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Portoviejo, (Plegable Divulgativo No. 305).

[32] Valarezo, O., Intriago, M., Muñoz, X. (2013). Biología de la "chicharrita" *Dalbulus maidis* (Homoptera: *Cicadellidae)* y confirmación de su capacidad como vector del complejo viral de la Cinta Roja del maíz. *La Técnica*, (9), 36-39.

[33] Burgos, T. (2020). Evaluación de la dinámica poblacional de *Spodoptera frugiperda, Diatraea saccharalis* y *Dalbulus maidis* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) durante la época seca en cinco localidades del Cantón Mocache (Tesis de Ingeniería). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo.

[34] Aguilar-Cueva, M. C. (2007). Evaluación de la respuesta androgénica de cuatro genotipos de maíz mediante la técnica de cultivo in vitro de anteras (Tesis de Ingeniería). Escuela Politécnica del Ejército, Quito.

[35] Garrido-Haro, A. D. (2010). Caracterización molecular de la colección núcleo de maíz de altura del INIAP mediante marcadores moleculares microsatélites (Tesis de Ingeniería). Escuela Politécnica del Ejército, Salgoquí.

[36] Torres, M. de L., Bravo, A. L., Caviedes, M., & Arahana B., V. S. (2012). Caracterización molecular y morfológica de las líneas S2 de maíz negro (Zea mays L.) de los Andes ecuatorianos. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 4(1). doi: https://doi.org/10.18272/aci.v4i1.81

[37] Yánez, C., Zambrano, J. L., Caicedo, M., Sánchez Arizo, V. H., y Heredia, J. (2003). Catálogo de recursos genéticos de maíces de altura ecuatorianos. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz.





[38] Orbe, K., Escobar, J., Sánchez, V., Zambrano, J. (2017). Memorias del Taller: Métodos y Desarrollo de Protocolos para la Investigación en Organismos Genéticamente Modificados. INIAP, Ecuador. Revisado el 5 de noviembre de 2021, disponible en: https://bit.ly/3HEWeGq

[39] Nishikawa, M., Granda, K., Robles, A. (2015). Presencia o ausencia de maíz modificado genéticamente en las especies que se cultivan en Loja. *Centro de Biotecnología* 4(1), 6-13.

[40] Bravo, E., and León, X. (2013). Participatory monitoring of corn from Ecuador for detection of the presence of genetically modified proteins. *Grana* 17 (1), 16–24.

[41] Santos, E., Sánchez, E., Hidalgo, L., Chávez, T., Villao, L., Pacheco, R. and Navarrete, O. (2016). Status and challenges of genetically modified crops and food in Ecuador. *Acta Hortic*. 1110, 229-235.

[42] Dobronski-Arcos, J., Barona, D., Bustillos, M., Grefa-Yumbo, M. (2021). Respuesta del maíz blanco harinoso tipo "Chazo" a las condiciones agroclimáticas de Cevallos, Tungurahua, Ecuador. *Archivos Académicos USFQ* (38), 36.

[43] Montesdeoca, F., Palomeque, G. (2020). Evaluación del comportamiento de maíz (*Zea mays* L) variedad INIAP 122 bajo dos densidades poblacionales y cuatro niveles de Nitrógeno en siembra directa. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas – Carrera de Ingeniería en Agronómica. Trabajo de titulación. Ingeniero Agrónomo. 90.

[44] Loza, A. (2017). Evaluación de híbridos de maíz dulce (*Zea mays* L) variedad *Saccharata* bajo dos distancias de siembra para grano enlatado (Tesis de Ingeniería). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

[45] Cuenca, S. (2019). Efecto de la alta densidad de siembra en el comportamiento agronómico de cuatro híbridos de maíz (Tesis de Ingeniería). Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.

[46] Zamora, F. (2016). Estudio del efecto de la humedad remanente del suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz (*Zea mays* L) sembrados en la época seca en la zona de Quevedo (Tesis de Ingeniería). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.

[47] Chila, M., Amores , F., Gaibor, R. (2021). El relieve del terreno cambia la absorción y eficiencia del uso N afectando la productividad y rentabilidad del maíz (*Zea mays* L) de secano con cero labranza. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías* 12(22), 53.

[48] Borbor, A. (2018). Producción de materia verde de 4 híbridos de maíz (*Zea mays* L) (Tesis de Ingeniería). Universidad Fuerzas Armadas (ESPE), Sangolquí, Ecuador.

[49] Cañadas, A., Molina, C., Rade, D., Fernández, F. (2016). Evaluación de la interacción época y densidad de siembra en ocho híbridos de maíz para la producción de forraje. *Revista MVZ Córdova* 21: 512-513.

[50] León, R., Torres, A., Ardisana, E., Fosado, O., Véliz, F., Pin, W. (2018). Comportamiento productivo del maíz híbrido Agri-104 en diferentes sistemas, densidades de siembra y riego localizado. *ESPAMCIENCIAS,* 10(1):124-130.

[51] León-Ruíz, J. E., León-Terán, J.E., Silva-Orozco, J.S. (2021). El riego en maíz de altura (*Zea mays* L.) para la Sierra ecuatoriana. *Archivos Académicos* (38), 14.

[52] León-Aguilar, R., Torres-García, A., Sánchez-Mora, F. (2021). Efecto de la densidad de siembra y riego localizado por goteo en el comportamiento productivo del maíz. *Archivos Académicos* (38), 46.

[53] León, R., Torres, A, Ardisana, E., Rosado, O. (2018). Comportamiento productivo del maíz hibrido (AGRI 104), en diferentes sistemas, densidades de siembras y riego localizado. Revista ESPAM- Ciencia. Volumen 8 (2). 123-129.

[54] Cartagena, Y., Zambrano, J., Parra, R., Angamarca, M., Sangoquiza, C., Condor, A., León, J., Ortíz, R. (2020). Evaluación del uso eficiente del agua en el cultivo de maíz (*Zea mays*) variedad INIAP 101, utilizando los métodos isotópico y convencional. *Archivos AcadémicosUSFQ* (27), 55.

[55] Conde-Solano, J. L., Sánchez-Urdaneta, A. B., Colmenares-de-Ortega, C. B., Vásquez, E., & Ortega-Alcalá, J. (2021). Impacto del riego por goteo subsuperficial en la eficiencia de uso del agua en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(1), 49-57.

[56] Ortíz, R., Quilanchamin, A., Chile, M., Cartagena, Y. (2021). Efecto del fertiriego en el cultivo de maíz harinoso (*Zea mays* L. var. *amylacea*) variedad pepa. *Archivos Académicos* (38), 43.

[57] Alvarez, M., Alvarez, H. (2018). Parámetros hídricos y calidad del maíz (*Zea mays* L) bajo riego por goteo en el valle Joa, Ecuador (Tesis Maestría). Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588





[58] Yanangonez L.V. (2018). Evaluación del rendimiento hídrico del maíz morado (*Zea mays* L) en la Parroquia Malacatos, Sector San José, Loja (Tesis de Ingeniería). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

[59] Vásconez, G., Calvache, M., Diaz, G., Sabando, F. (2010). Determinación de las necesidades hídricas de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L) bajo el efecto de tres distanciamientos entre hileras. Memorias XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Universidad Tecnológica Equinoccial- Postgrados. Santo Domingo 17 noviembre del 2010.

[60] Caviedes, C. M. (1987). Factores ambientales que influyen en el mejoramiento del maíz en la Sierra ecuatoriana. En B. Ramakrishna (Ed.), III Seminario: Mejoramiento para Tolerancia a Factores Ambientales Adversos en el Cultivo del Maíz, Quito, Ecuador: IICA/BID/PROCIANDINO. pp. 233-235.

[61] Caviedes C., M. (1986). "INIAP-180": Nueva variedad de maíz de alto rendimiento. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. Boletín Divulgativo No. 180.

[62] Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (1981). Cultive maíz blanco "INIAP-101". Quito, Ecuador: Plegable No. 28.

[63] Cardoso, V.H., y Zambrano M., E.M. (1984). El maíz precoz INIAP-101, una alternativa en el sistema de producción de pequeños agricultores de la provincia de Imbabura. En XI Reunión de Maiceros de la Zona Andina, II Reunión Latinoamericana del Maíz, Palmira, Colombia: ICA/CIMMYT. pp. 209-219.

[64] Vásquez C., W., Silva, E., Moreno A., F., y Caviedes C., M. (septiembre, 1988). Evaluación agronómica de líneas S2 y S3 derivadas de la variedad de maíz INIAP-130 en la Estación Experimental Santa Catalina INIAP-Ecuador [CD]. En XIII Reunión de Maiceros de la Zona Andina: Memorias (pp. 225-237). Chiclayo, Perú: INIAA/CIMMYT.

[65] Zambrano, J.L., Yánez G., C., y Mora C., E. (2003). Evaluación de líneas S1 de maíces amarillos y blancos harinosos resistentes a *F.moniliforme*, bajo inoculación artificial en Ecuador. En D.L. Danial, Informe anual de subproyectos 2002 Quito, Ecuador: PREDUZA. pp. 9-11.

[66] Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) (1972a). Variedad "Santa Catalina": Cuadruplique su producción. Quito, Ecuador: Estación Experimental Santa Catalina.

[67] Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), (1972b). Variedad "Amaguaña": Cuadruplique su producción. Quito, Ecuador: Estación Experimental Santa Catalina.

[68] Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), (1972c). Variedad "Chillos Mejorado": Cuadruplique su producción. Quito, Ecuador: Estación Experimental Santa Catalina.

[69] Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) (1972d). Variedad "INIAP" 176: Cuadruplique su producción. Quito, Ecuador: Estación Experimental Santa Catalina.

[70] Galarza Silva, M. (1981). Variedades de maíz para la Sierra ecuatoriana. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. (Boletín Divulgativo no. 119).

[71] Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (1981). Cultive maíz blanco "INIAP-101". Quito, Ecuador: Plegable No. 28.

[72] Moreno, F. (1986). "INIAP-130": variedad de maíz para consumo humano. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. (Boletín Divulgativo no. 181).

[73] Galarza Silva, M. (1981). Variedades de maíz para la Sierra ecuatoriana. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. (Boletín Divulgativo no. 119).

[74] Caviedes C., M. (1986). "INIAP-180": Nueva variedad de maíz de alto rendimiento. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. Boletín Divulgativo No. 180.

[75] Caviedes C., M., y Moreno A., F. (1989a). INIAP-131: Variedad mejorada de maíz de amplia adaptacion y buen rendimiento. Quito, EC, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. (Plegable no. 106).

[76] Caviedes C., M., y Moreno A., F. (1989b). INIAP-198: Variedad mejorada de canguil para la Sierra. Quito, EC, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. (Plegable no. 107).

[77] Caviedes C., M., Moreno A., F., y Silva C., E. (1990). Nueva variedad de maíz INIAP-192 (chulpi mejorado) para la Sierra ecuatoriana . Quito, EC, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. (Plegable no. 110).



[78] Moreno A., F., Silva C., E., Dobronsky, J., y Heredia C., J. (1995). INIAP-160: Variedad mejorada de maíz "morocho blanco" para la Sierra ecuatoriana. Quito, Ecuador, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. (Plegable no. 151).

[79] Silva C., E., Dobronsky, J., Heredia, J., y Monar B., C. (1997). INIAP-111 Guagal mejorado: Variedad de maíz blanco harinoso tardio para la provincia de Bolívar. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. (Plegable Divulgativo no. 163).

[80] Dobronski, J., Vásquez, J., y Silva, E. (1998). INIAP-122 "Chaucho Mejorado": Variedad de maíz amarillo harinoso semi-precoz para la provincia de Imbabura. Revista Informativa INIAP, 10, 5-7.

[81] Silva, E.; Dobronskiy, J.; Caviedes, M.; Yanez, C.; Zambrano, J.L.; Heredia, J. (2000). INIAP-102 "Blanco Blandito Mejorado", Variedad de Maíz Blanco Harinoso Para la Provincia de Chimborazo; Estación Experimental Santa Catalina: Quito, Ecuador, 2000.

[82] Caviedes, M.; Yánez, C.; Silva, E.; Dobronsky, J.; Zambrano Mendoza, J.L.; Caicedo, M.; Heredia, J. (2002). Nueva Variedad de Maíz Amarillo Harinoso INIAP-124-Mishca Mejorado; Estación Experimental Santa Catalina: Quito, Ecuador.

[83] Eguez, J. y Pintado, P. (2013). INIAP-103 "Mishqui Sara", Nueva variedad de maíz blanco harinoso para consumo humano. Cuenca, Ecuador: INIAP, Estación Experimental del Austro, Programa de Maíz.

[84] Yánez G., C., Zambrano, J.L., Caicedo, M., Heredia, J., Sangoquiza Caiza, C.A., Villacrés, E., Caballero, D. (2017). INIAP-199 "Racimo de Uva": Variedad de maíz negro. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz/ESPOCH. Plegable Divulgativo No. 20.

[85] Zambrano, J.L.; Yánez, C.F.; Sangoquiza, C.A. (2021). Maize Breeding in the Highlands of Ecuador, Peru, and Bolivia: A Review. Agronomy 2021, 11, 212. doi: https://doi.org/10.3390/agronomy11020212

[86] Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) (2020). Informe de rendimiento de maíz amarillo invierno 2020. Coordinación General de Sistemas de Información- CGINA,Disponible en: https://fliphtml5.com/ijia/dxed/basic/, recuperado el 5 de enero de 2022.

[87] Crespo, S., y Burbano, M. (1985). INIAP H-550: Un híbrido de maíz para la zona central del Litoral ecuatoriano. Quevedo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Pichilingue, Programa de Maíz. (Plegable no. 83).

[88] Crespo, S., Burbano, M., y Vasco Medina, S. A. (1990). INIAP H-551: Híbrido de maíz para la zona central del Litoral. Quevedo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa de Maíz. (Plegable no.112).

[89] Crespo, S., Valdivieso C., C., y Villavicencio Linzán, J. P. (2003). INIAP H-552: Nuevo híbrido de maíz amarillo cristalino para la zona central del Litoral. Quevedo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa de Maíz. (Boletín Divulgativo no. 294).

[90] Reyes, S., Alarcón, D., Carrillo Alvarado, R., Carvajal Mera, T., y Cedeño, N. (2004). INIAP- H -601 Híbrido de maíz para condiciones de laderas del trópico seco ecuatoriano. Portoviejo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Programa de Maíz. (Plegable Divulgativo no. 201).

[91] Reyes T., S., Alarcón C., D., Cerón G., O., y Zambrano M., O. (2009). INIAP-H-602: Nuevo híbrido de maíz duro para el Litoral ecuatoriano. Portoviejo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Programa Maíz. (Pegeble Divulgativo no. 311).

[92] Zambrano, J., Valdivieso C., C., y Villavicencio Linzán, J. P. (2010). INIAP H-553: Híbrido de maíz para la zona central del Litoral. Quevedo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa de Maíz. (Plegable Divulgativo no. 304).

[93] Eguez M., J., Pintado, P., Molina, R., y Narro, L. (2012). INIAP H-824 "Lojanito". Cuenca, Ecuador: INIAP, Estación Experimental del Austro. (Plegable no. 391).

[94] Eguez Moreno, J. F., Pintado, P. W., Ruilova Narvaez, F. L., Zambrano Mendoza, J. L., Villavicencio Linzán, J. P., Caicedo Villafuerte, M. B., Alarcón Cobeña, D., Zambrano Zambrano, E. E., Limongi Andrade, R., Yánez Guzmán, C. F., Narro, L., & San Vicente, F. (2019). Desarrollo de un híbrido de maíz de grano blanco para consumo humano en Ecuador. *ACI Avances En Ciencias E Ingenierías*, 11(1), 46-53.

[95] Alarcón Cobeña, D., Zambrano Zambrano, E., Limongi Andrade, R., y Cerón García, O. (2016). INIAP H-603: Híbrido de maíz duro para Manabí y Los Ríos. Portoviejo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Programa de Maíz. (Plegable no. 428).



[96] Caicedo Villafuerte, M.B. y Villavicencio, Linzán, J.P. (2020). Híbrido simple – QPM INIAP H-554 "Renacer". Mocache, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa de Maíz. (Plegable no. 454).

[97] Carvajal-Larenas, F.E., Caviedes, M. (2019). Análisis comparativo de la eficiencia productiva del maíz en Ecuador, Sudamérica y el mundo en las dos últimas décadas y análisis prospectivo en el corto plazo. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías* 11(17), 94-103. doi: https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1079

[98] Sánchez Arizo, Víctor Hugo, & Fernández Sastre, Juan. (2020). El efecto de los paquetes tecnológicos en la productividad del maíz en Ecuador. *Problemas del Desarrollo*, 51(203), 85-110. https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2020.203.69527

[99] Zambrano, Carlos Edison, & Andrade Arias, Mariela Susana. (2021). Productividad y precios de maíz duro pre y post Covid-19 en el Ecuador. Revista Universidad y Sociedad, 13(4), 143-150.

[100] Molina, R. (2010). *Evaluación de seis híbridos de maíz amarillo duro; INIAP H-601, INIAP H 553, HZCA 317, HZCA 318, austro 1, frente a dos testigos, AGRI 104 y DEKALB DK-7088, sembrados por el agricultor local, en San Juan- cantón Pindal- provincia de Loja* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, Ecuador.

[101] Guamán- Guamán, R.N., Desiderio-Vera, T. X., Villavicencio-Abril, A. F., Ulloa-Cortázar, S. M., Romero-Salguero, E. J. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra* 7(2), 047-056. doi: https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2

[102] Andino, J. (2011). Fertilización química en híbridos de maíz (*Zea mays*) en la zona de Balzar, provincia del Guayas (Tesis de Ingeniería). Universidad Técncia Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.

[103] Moreira-Cortez, B. W. (2019). Evaluación agronómica de híbridos de maíz (*Zea mays* L.), en la época lluviosa en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos (Tesis de Ingeniería). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo.

[104] Segovia-Monge, J. P. (2006). Evaluación agronómica de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) con cinco dosis de doble sulfato de potasio y magnesio, bajo el sistema de siembra directa en la zona de San Carlos- Quevedo (Tesis de Ingeniería). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, sede Santo Domingo de los Tsáchilas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

[105] Sandal-Paucar, M. S. (2014). Comportamiento agronómico de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Pueblo Viejo provincia de los Ríos (Tesis de Ingeniería). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.